

经皮内镜腰椎间盘突出术中关节突成形器械的应用研究进展*

张思平 综述 佟 敏 黄异飞** 审校

(新疆医科大学第四临床医学院 新疆医科大学附属中医医院脊柱二科 新疆维吾尔自治区中医药研究院, 乌鲁木齐 830000)

文献标识: A

文章编号: 1009-6604(2023)09-0705-04

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2023.09.012

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是常见的腰椎退行性疾病,主要由于各种原因使纤维环破裂,导致髓核突出,压迫以脊髓和神经根为主的邻近组织,产生腰背部疼痛和下肢放射痛,严重影响日常生活和工作^[1,2]。长期处于久坐的状态使LDH的发生率进一步升高^[3]。椎间盘严重突出甚至脱出游离者,需要手术干预以去除致压因素,缓解症状,恢复神经功能^[4]。开放式椎间盘切除术因创伤大、术后恢复慢以及对脊柱稳定性的影响大等原因逐渐边缘化,取而代之的是以经皮内镜腰椎间盘突出术(percutaneous endoscopy lumbar discectomy, PELD)为主的微创术式^[5]。PELD能够获得与开放术式相同的疗效,且具有创伤小、术中出血少、术后并发症少、恢复快等优势,已经成为治疗LDH的主流术式^[6,7]。由于建立工作通道的需要,安全、高效和快速的关节突成形是PELD的关键步骤^[8]。关节突成形器械主要包括咬骨钳、高速磨钻、逐级环锯、可视环锯以及超声骨刀等。本文就不同成形器械的原理、优缺点、成形效果进行综述,以期为PELD术中关节突成形器械的选择提供依据。

1 咬骨钳

咬骨钳是传统PELD最常应用的成形器械之一,可在内镜可视下完成关节突成形,神经根损伤风险小;但由于纯手动操作、尺寸小等原因常导致成形效率低下,延长手术时间^[9]。随着脊柱微创技术的

迅猛发展,各种安全高效的成形器械层出不穷,咬骨钳也逐渐被其他成形器械所取代。

虽然咬骨钳由于成形效率低而逐渐被取代,但其尺寸较小,操作较为灵活,可以完成某些特殊部位或有限空间内的操作,因而常用作PELD辅助成形器械,增加安全性^[10]。

2 骨钻

骨钻是应用较早的关节突成形器械之一,操作时先通过靶向穿刺关节突尖部进行定位,随后在导丝引导下,利用骨钻的磨切作用磨除关节突部分骨质进行初步成形,通过逐级扩张的方式对椎间孔进行逐级扩开,最终完成工作通道置入^[11]。骨钻前方具有钝性保护,既对神经根和硬膜囊具有一定保护作用,也可以有效扩张周围软组织,具有较高的安全性^[12]。由于在成形过程中对关节突骨创面的挤压作用,骨钻在一定程度上能够有效减少创面渗血^[13]。但应用骨钻成形对定位要求高,整个过程均需透视引导下进行,以保证成形方向与部位的正确性,因此术者和患者的辐射暴露增加^[14]。李杰等^[11]回顾性比较骨钻($n=29$)与逐级环锯($n=25$)用于单节段LDH关节突成形的效果,结果显示骨钻组通道建立时间显著长于环锯组[(44.90 ± 3.95) min vs. (32.00 ± 3.20) min, $P < 0.05$],但镜下处理时间少于环锯组[(32.07 ± 4.20) min vs. (42.96 ± 5.10) min, $P < 0.05$],2组疗效和安全性指标差异无

* 基金项目:新疆维吾尔自治区重点研发计划项目(2022B03011-1)

** 通讯作者, E-mail: jerkuang@163.com

显著性,认为逐级环锯更适用于简单的局限性突出,能够快速建立通道,骨钻更适用于较为复杂的突出类型,从而完成繁琐的镜下操作。

骨钻的应用能够有效避免硬膜囊和神经根的直接损伤,安全性高,同时有利于减少术中骨性创面渗血。但由于需要反复透视和逐级扩张成形,骨钻操作较为繁琐,其通道建立时间相对较长,且容易滑至关节突腹侧,降低成形效率,延长手术时间^[15]。

3 逐级环锯

逐级环锯是早期应用于关节突切除的成形器械之一,需在透视引导下进行,其前端为锐利的锯齿状结构,能够对关节突骨质及其周围组织进行有效切割,成形效率较高^[16]。逐级环锯成形需在导丝定位后,先在一级导杆引导下用直径较小环锯成形,然后逐级扩大,切除关节突腹侧骨质,完成椎间孔扩大成形^[12]。逐级环锯在成形过程中能够将锯齿有效固定于关节突腹侧,避免滑移和通道位置改变,但其前方锋利的锯齿缺乏钝性保护,从而在一定程度上增加了硬膜囊和神经根损伤的风险^[17]。徐彬等^[12]比较逐级环锯($n=30$)和骨钻($n=33$)在 PELD 术中椎间孔成形的差异,结果显示环锯组术中有效透视次数少 $[(14.54 \pm 3.26) \text{ 次 vs. } (21.63 \pm 3.85) \text{ 次}, P < 0.05]$,通道建立时间短 $[(25.72 \pm 4.38) \text{ min vs. } (32.51 \pm 5.29) \text{ min}, P < 0.05]$,通道方向改变发生率低 $(6.7\% \text{ vs. } 33.3\%, P < 0.05)$,但 2 组并发症差异无统计学意义 $(16.7\% \text{ vs. } 6.1\%, P > 0.05)$,2 组手术时间、疼痛视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI)及日本骨科协会(Japanese Orthopedic Association, JOA)评分差异无显著性($P > 0.05$)。但该研究样本量较少,随访时间较短,仍需大样本、长时间随访结果支持。

PELD 术中应用逐级环锯成形效率高,定位后不易滑移,相较于骨钻成形具有一定的优势,但其对硬膜囊和神经根损伤的风险较大,安全性相对较低。

4 动力磨钻

动力磨钻是 PELD 关节突成形较为新型的成形器械之一,可以在直视下利用高速轴向旋转的磨切作用削除骨组织,完成关节突成形^[18]。镜下动力磨

钻能够在直视下对关节突进行垂直打磨,定位精准,对骨组织的损伤和破坏性小,可避免小关节结构的损伤,从而显著降低医源性腰椎不稳的发生率^[19]。He 等^[20]回顾性比较镜下动力磨钻成形($n=45$)和逐级环锯成形($n=38$),结果显示,动力磨钻的透视时间短 $[(7.04 \pm 1.45) \text{ s vs. } (20.97 \pm 2.16) \text{ s}, P = 0.000]$,但椎间孔成形时间长 $[(32.98 \pm 4.00) \text{ min vs. } (26.87 \pm 4.82) \text{ min}, P = 0.000]$,总手术时间长 $[(72.64 \pm 7.83) \text{ min vs. } (65.74 \pm 7.28) \text{ min}, P = 0.000]$,2 组疗效指标差异无显著性($P > 0.05$)。崔伟等^[21]比较镜下动力磨钻成形($n=36$)与透视下逐级环锯成形($n=33$),结果显示镜下动力磨钻组术中透视次数少 $[(4.7 \pm 2.1) \text{ 次 vs. } (14.5 \pm 4.3) \text{ 次}, P = 0.001]$,手术时间短 $[(58.6 \pm 10.9) \text{ min vs. } (70.5 \pm 12.6) \text{ min}, P = 0.013]$,2 组 VAS 评分、ODI 以及改良 MacNab 标准优良率差异均无显著性($P > 0.05$),与余洋等^[22]的研究结果一致。

动力磨钻成形能够获得与透视下逐级环锯同等的效果,虽然二者在手术时间方面的研究结果存在一定差异,但动力磨钻所需透视次数或时间显著减少,有助于降低医患辐射剂量,安全性更高。

5 可视环锯

可视环锯包括镜下环锯和镜外可视环锯。镜下环锯由于直径较小,成形效率较镜外可视环锯低,因此较少应用。镜外可视环锯是在内镜外置入环锯,利用椎间孔镜的广角放大,采用孔镜外 7.5 mm 环锯可视化切除关节突^[15]。镜外可视环锯对穿刺要求低,成形效率高,通道建立时间短,显著减少术中透视次数,同时对神经干扰少,安全性高^[23]。孙继芾等^[24]回顾性分析镜外可视环锯($n=23$)与透视下逐级环锯($n=23$)用于经皮椎间孔镜椎间盘切除术的效果,结果显示可视环锯组手术时间短 $[(51.30 \pm 7.26) \text{ min vs. } (71.87 \pm 9.30) \text{ min}, P < 0.001]$,透视次数少 $[(5.26 \pm 0.96) \text{ 次 vs. } (16.87 \pm 1.84) \text{ 次}, P < 0.001]$,且术后 3 个月及末次随访时腿痛 VAS、JOA 评分和 ODI 均显著优于逐级环锯组($P < 0.05$),获得更好的临床疗效。杨扬等^[25]回顾性比较镜外可视环锯($n=42$)与骨钻($n=45$)成形治疗老年 LDH,结果显示可视环锯组透视次数少 $[(12.24 \pm 1.65) \text{ 次 vs. } (25.53 \pm 7.44) \text{ 次}, P <$

0.001], 通道建立时间短 $[(12.60 \pm 1.99) \text{ min vs. } (28.00 \pm 5.38) \text{ min}, P < 0.001]$, 但上关节突去骨量大 $[(0.60 \pm 0.05) \text{ cm}^3 \text{ vs. } (0.41 \pm 0.03) \text{ cm}^3, P < 0.001]$, 术中出血量多 $[(49.90 \pm 4.72) \text{ ml vs. } (38.93 \pm 2.57) \text{ ml}, P < 0.001]$, 2 组临床疗效指标相当 $(P > 0.05)$ 。Qiao 等^[26] 比较镜外可视环锯 ($n = 50$) 与动力磨钻 ($n = 48$) 治疗 LDH, 结果显示可视环锯手术时间短 $[(63.20 \pm 11.28) \text{ min vs. } (78.44 \pm 18.25) \text{ min}, P < 0.001]$, 透视次数少 $[(4.10 \pm 1.28) \text{ 次 vs. } (7.04 \pm 1.41) \text{ 次}, P < 0.001]$, 但术中出血量多 $[(50.20 \pm 6.85) \text{ ml vs. } (42.50 \pm 11.85) \text{ ml}, P < 0.001]$, 认为镜外可视环锯在高度脱出游离型 LDH 的治疗中具有独特的优势。

镜外可视环锯成形效率显著高于其他成形器械, 且无需精准的靶向定位, 显著降低穿刺难度, 从而降低临床医生的学习曲线。虽然上关节突去骨量较多, 但 7.5 mm 的镜外可视环锯成形不会对手术节段与邻近节段的生物力学稳定性造成影响^[27]。同时, 即使镜外可视环锯由于切骨量大而导致术中出血量较多, 但整个手术过程均在水介质的冲洗下完成, 能够保证术野清晰, 因而并不会影响手术过程, 而且出血量增加 10 ml 左右虽有统计学意义, 但并无临床意义。由于镜外可视环锯成形效率高, 有助于缩短通道建立时间和整个手术时间, 从而显著提升手术效率和安全性。

6 超声骨刀

超声骨刀通过将电能转换为机械能, 从而使刀头产生一定的振幅和频率, 利用机械效应对骨组织进行选择性的切割和磨削, 其组织选择性强, 可有效避免硬膜囊和神经根损伤, 同时其所产生的空化效应和热效应可在一定程度上减少骨创面渗血, 配套的冲洗冷却系统既能降低热效应对局部组织的热损伤, 又能保持术野清晰, 诸多优势使其在脊柱传统开放术式中得到广泛应用^[28,29]。目前关于超声骨刀在内镜下应用优势的研究较少, 仅少数研究^[30,31] 认为超声骨刀在镜下易于操作, 振幅稳定, 可有效减少周围组织的缠绕, 并防止旋转扭矩的产生, 从而降低神经根和硬膜囊损伤的风险。这些研究多为单臂临床研究或文献综述, 既无法进行疗效与安全性的比较, 也难以提取有效数据。现有的研究证据等级较

低, 仍缺乏大样本的回顾性或队列研究以明确其临床应用优势。

超声骨刀成形在 PELD 术中应用较少, 尚无证据等级较高的数据, 其疗效与安全性有待进一步研究。

7 各成形器械的优劣

PELD 术中可供选择的成形器械繁多, 各成形器械的特点与优劣如下: ①咬骨钳在内镜可视化下完成成形, 神经根损伤风险小, 但其成形效率低, 现常作为辅助成形器械; ②动力磨钻打磨精度高, 组织选择性强, 对软组织损伤较小, 但有硬膜囊和神经根损伤风险, 且骨碎屑相对较多; ③骨钻操作安全, 骨量去除充分, 能有效减少创面渗血, 但其定位要求高, 术中需多次透视, 且容易滑移至关节突腹侧, 成形效率较低; ④逐级环锯虽然定位精准, 不易滑移且切割效率较高, 但其需在透视下进行, 透视次数多且操作繁琐, 延长手术时间, 同时仍有硬膜囊和出口根损伤的风险; ⑤可视环锯在内镜下进行可视化操作, 有效减少术中透视次数, 对穿刺要求低, 可根据需要调整工作通道位置, 成形效率高, 一次成形效果不佳时可进行多次成形, 从而缩短通道建立时间和手术时间, 而且对神经干扰少, 安全性高; ⑥超声骨刀削磨精度高, 切骨面出血少, 组织选择性强, 对软组织损伤小, 但其所产生的空化效应可使骨细胞发生坏死, 局部高热能可导致神经或脊髓热灼伤, 超声骨刀在 PELD 术中应用时间短, 相关研究较少, 其应用优势有待进一步论证。

PELD 的成形器械各有其利弊, 但以镜外可视环锯的应用优势最为突出, 主要优势在于无需精准、靶向定位, 从而降低穿刺难度; 当一次成形效果不佳时可进行多次成形, 从而提升成形效率。低穿刺难度和高成形效率在一定程度上降低了临床医师的学习曲线, 从而使镜外可视环锯得到广泛应用。虽然镜外可视环锯具有众多优势, 但对于某些无法达到的部位仍需辅以其他成形器械, 如枪式咬骨钳和镜下动力磨钻等。因此, 在实际临床应用中, 需多种成形器械搭配使用, 以镜外可视环锯为主, 其余成形器械为辅, 从而提高成形效率和安全性, 获得最佳疗效。

参考文献

- 1 Benzakour T, Igoumenou V, Mavrogenis AF, et al. Current concepts for lumbar disc herniation. *Int Orthop*, 2019, 43(4): 841–851.
- 2 van der Windt DA, Simons E, Riphagen II, et al. Physical examination for lumbar radiculopathy due to disc herniation in patients with low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev*, 2010, (2): CD007431.
- 3 Citko A, Górski S, Marcinowicz L, et al. Sedentary lifestyle and nonspecific low back pain in medical personnel in north-east Poland. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 1965807.
- 4 d'Ercole M, Innocenzi G, Ricciardi F, et al. Prognostic value of Michigan State University (MSU) classification for lumbar disc herniation: is it suitable for surgical selection. *Int J Spine Surg*, 2021, 15(3): 466–470.
- 5 Pan M, Li Q, Li S, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: indications and complications. *Pain Physician*, 2020, 23(1): 49–56.
- 6 Ge R, Liu Z, Huang W. Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy is a safer approach for lumbar disc herniation. *Am J Transl Res*, 2022, 14(9): 6359–6367.
- 7 Khandge AV, Sharma SB, Kim JS. The evolution of transforaminal endoscopic spine surgery. *World Neurosurg*, 2021, 145: 643–656.
- 8 Choi KC, Shim HK, Park CJ, et al. Usefulness of percutaneous endoscopic lumbar foraminoplasty for lumbar disc herniation. *World Neurosurg*, 2017, 106: 484–492.
- 9 张涛, 张子禄, 高凯, 等. 可视化旋切工作套管在椎间孔镜关节突成形中的应用. *实用骨科杂志*, 2020, 26(3): 252–254, 288.
- 10 Wang D, Pan H, Hu Q, et al. Percutaneous endoscopic transpedicle approach for herniated nucleus pulposus in the lumbar hidden zone. *Asian J Endosc Surg*, 2017, 10(1): 87–91.
- 11 李杰, 张杰锋, 李益明, 等. 椎间孔镜术中骨钻与环锯关节突成形的比较. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27(7): 597–601.
- 12 徐彬, 吴恒, 吴钊, 等. 经皮内镜下腰椎间盘切除术中环锯与环钻在椎间孔成形中应用的对比研究. *中国中医骨伤科杂志*, 2020, 28(11): 65–68.
- 13 Yang F, Li P, Zhao L, et al. Foraminoplasty at the base of the superior articular process with bone drilling for far-downward discs in percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a retrospective study. *J Pain Res*, 2021, 14: 3919–3925.
- 14 张荣宜, 朱本藩, 赵家贵, 等. 椎间孔镜手术中漂移法与骨钻椎间孔成形法放置工作套管的比较. *中国疼痛医学杂志*, 2022, 28(2): 113–118.
- 15 李杰, 刁文博, 李益明, 等. 可视化环锯在椎间孔镜侧路关节突成形的应用. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27(24): 2242–2246.
- 16 张迪晖, 李永津, 胡广兵, 等. 环锯切开纤维环技术在椎间孔镜下髓核摘除术中的应用. *广东医学*, 2018, 39(12): 1847–1850.
- 17 李振宙, 侯树勋, 商卫林, 等. 经皮内镜下经椎间孔入路腰椎侧隐窝减压术: 技术要点及 2 年随访结果. *中国骨与关节杂志*, 2016, 5(5): 333–338.
- 18 顾文浩, 张永, 赵飞. 两种关节突成形技术在治疗腰椎间盘突出症中的疗效比较. *临床骨科杂志*, 2022, 25(3): 334–337.
- 19 张国强, 杨雍, 谢学虎, 等. 全内镜可视化技术辅助动力磨钻经椎间孔入路治疗腰椎间盘突出症的近期临床疗效. *临床和实验医学杂志*, 2022, 21(10): 1067–1071.
- 20 He J, Tang J, Jiang X, et al. Efficacy and safety of foraminoplasty performed using an endoscopic drill to treat axillary disc herniation. *World Neurosurg*, 2020, 138: e413–e419.
- 21 崔伟, 万昱, 邓轩康. 镜下磨钻辅助的可视化椎间孔成形治疗腰椎间盘突出症的临床应用. *实用医院临床杂志*, 2021, 18(4): 134–137.
- 22 余洋, 谭彪, 谢一舟, 等. 椎间孔镜下可视化椎间孔成形术治疗腰椎间盘突出症的安全性及临床疗效分析. *重庆医学*, 2019, 48(6): 960–964.
- 23 Chen C, Ma X, Zhao D, et al. Full endoscopic lumbar foraminoplasty with perendoscopic visualized trephine technique for lumbar disc herniation with migration and/or foraminal or lateral recess stenosis. *World Neurosurg*, 2021, 148: e658–e666.
- 24 孙继伟, 陈燕, 孙焱, 等. 椎间孔镜术中可视与透视椎间孔成形的比较. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(22): 2101–2104.
- 25 杨扬, 孔鹏, 魏传付, 等. 椎间孔镜可视环锯治疗老年腰椎间盘突出症. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(11): 971–975.
- 26 Qiao L, Liu JY, Tang XB, et al. The trans-superior articular process approach utilizing visual trephine: a more time-saving and effective percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy for migrated lumbar disc herniation. *Turk Neurosurg*, 2022, 32(4): 612–617.
- 27 余洋, 谢一舟, 石银, 等. 三维有限元法分析腰椎不同尺寸关节突成形后相关节段的生物力学特征. *中国组织工程研究*, 2021, 25(33): 5288–5293.
- 28 林国中, 马长城, 王振宇, 等. 超声骨刀椎板成形椎板植骨在椎管肿瘤手术中的应用. *中国微创外科杂志*, 2018, 18(2): 101–103, 109.
- 29 金开基, 郭昭庆, 陈仲强. 应用超声骨刀行后路经关节突关节环形减压术治疗钙化型胸腰段椎间盘突出症的疗效分析. *中华骨与关节外科杂志*, 2021, 14(2): 81–85.
- 30 Renjith KR, Eamani NK, Raja DC, et al. Ultrasonic bone scalpel in spine surgery. *J Orthop*, 2023, 41: 1–7.
- 31 Yu L, Wen JK, Wang S, et al. Removal of calcified lumbar disc herniation with endoscopic-matched ultrasonic osteotome: our preliminary experience. *Br J Neurosurg*, 2020, 34(1): 80–85.

(收稿日期: 2023–04–10)

(修回日期: 2023–07–29)

(责任编辑: 王惠群)